

**Efecto fagoinhibidor sobre *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae), de un biopreparado de hojas de higuerilla (*Ricinus communis*), en condiciones controladas, en Yotoco – Valle del Cauca.**

**Línea de investigación:**

**Desarrollo rural**

**Elaborado por:**

**Alduvar Castaño Ordoñez**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Programa de Agronomía**

**Cead Palmira-Valle del Cauca**

**2020**

**Efecto fagoinhibidor sobre *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae), de un biopreparado de hojas de higuerilla (*Ricinus communis*), en condiciones controladas, en Yotoco – Valle del Cauca.**

**Trabajo de Grado**

**Opción de grado – Proyecto aplicado**

**Elaborado por:**

**Alduvar Castaño Ordoñez**

**Asesora:**

**María del Pilar Romero Lozada**

**Ing. Agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Programa de Agronomía**

**Cead Palmira-Valle del Cauca**

**2020**

## **Agradecimientos**

Al Señor mi Dios, por guiarme por el camino que Él quiere que siga, sin nunca desampararme y por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para seguir luchando.

A mis padres, porque siempre están conmigo y siempre están a mi lado para impulsarme y apoyarme a cumplir esta meta y las que vendrán.

A mi esposa y a mis seres queridos, que me acompañaron en jornadas de sacrificio y esfuerzo.

A todos los docentes de la ECAPMA del Cead Palmira, por sus enseñanzas, por compartir sus conocimientos, por su colaboración y por su paciencia.

A la UNAD, por darme la oportunidad de ser un profesional, por brindarme las herramientas y los medios para lograrlo, donde en otras circunstancias no hubiese podido alcanzarlo y así poder cambiar mi vida por completo con sus enseñanzas académicas y de vida.

A todos los compañeros con los que pude compartir, aprender de sus experiencias de vida, para ser mejor; aquellos que sus esfuerzos, contribuyeron a lograr mi meta.

Al señor Arlex Bermúdez Marín, propietario de la finca La Praderita, de donde se pudieron obtener las colonias de Atta y por compartir sus conocimientos y experiencia, sobre este insecto, que fueron de gran importancia para la realización de este trabajo de grado.

## Resumen

La hormiga cortadora de hojas o arriera, se ha convertido en una plaga que ocasiona grandes pérdidas económicas y los métodos de control existentes no parecen ser efectivos. Se sabe que existen en algunas plantas metabolitos secundarios, capaces de modificar el comportamiento de herbívoros o de insectos plaga, para proteger a la planta y evitar que sea devorada, por estos.

El objetivo principal de este estudio fue comprobar el efecto fagoinhibidor sobre el género *Atta*, de un biopreparado de hojas de higuerilla (*Ricinus communis*), en condiciones controladas, a través de una colonia artificial; la cual está ubicada en el municipio de Yotoco, departamento del Valle del Cauca. Para lograr el objetivo del estudio, se construyó una colonia artificial, con materiales sencillos, como recipientes y mangueras plásticas, en la cual se instaló una reina del género *Atta*, sus obreras y su hongo simbionte, en condiciones controladas que garantizaron su supervivencia y la labor del forrajeo. En estas condiciones se procedió a elaborar el biopreparado de hojas de higuerilla, disuelto en 200 cc de agua, en cinco concentraciones, 10g, 20g, 30g, 50g y 70g. Cada concentración se ofreció en un cubículo artificial, para el forrajeo de las obreras de *Atta*, impregnando 5g de hojas de naranjo (*Citrus sinensis*), con 50 cc de cada una de las cinco concentraciones del biopreparado en tres repeticiones, para cada concentración; al mismo tiempo se ofrecían 5g de hojas de naranjo (*Citrus sinensis*), en otro cubículo, impregnadas solo con 50 cc de agua. Después de medir el forrajeo de las obreras, con la diferencia del peso inicial y el peso final, en cada repetición; los tratamientos con el biopreparado, mostraron actividad fagoinhibidora desde la primera concentración (10g/200cc de agua), pero al paso que se fue aumentando la concentración de higuerilla, el efecto se hizo

mayor, dando como resultado en la concentración de 70g/200cc de agua, un porcentaje de forrajeo o corte menor al 10%, mientras que en las hojas con el tratamiento de agua, hubo un 100% de forrajeo y 0% de actividad fagoinhibidora. Pero estos resultados de corte se dieron debido al tiempo transcurrido entre cada repetición (24 horas), y el corte total de las hojas de naranjo sin ningún tratamiento, pues estas eran cortadas entre 10 y 12 horas en un 100%, por lo que las obreras no tenían otra opción que cortar o forrajear las que si tenían el biopreparado. Lo que deja como conclusión que de acuerdo a las preferencias de forrajeo y a los resultados de este estudio, el biopreparado de hojas de higuierilla tiene potencial efecto fagoinhibidor sobre las obreras del género *Atta*, inclusive en bajas concentraciones, digno de ser estudiado en otras investigaciones, en campo que determinen concentraciones adecuadas y tiempos entre cada aplicación; lo cual permita incluir este tipo de control en los planes de manejo integrado de la hormiga cortadora de hojas o arriera.

**Palabras claves:** Hormiga arriera, fagoinhibidor, control etológico, metabolitos secundarios.

## Abstract

The leaf-cutter ant, or arriera, has become a pest that causes great economic losses and the existing control methods do not seem to be effective. It is known that secondary metabolites exist in some plants, capable of modifying the behavior of herbivores or pest insects, to protect the plant and prevent it from being eaten by them.

The main objective of this study was to verify the phagoinhibitory effect on the *Atta* genus, of a biopreparation of castor leaves (*Ricinus communis*), under controlled conditions, through an artificial colony; which is located in the municipality of Yotoco, department of Valle del Cauca. To achieve the objective of the study, an artificial colony was constructed, with simple materials, such as containers and plastic hoses, in which a queen of the *Atta* genre, her workers and her symbiote fungus were installed, under controlled conditions that guaranteed their survival and foraging work. Under these conditions, the biopreparation of castor leaves was prepared, dissolved in 200 cc of water, in five concentrations, 10g, 20g, 30g, 50g and 70g. Each concentration was offered in an artificial cubicle, for the foraging of *Atta* workers, impregnating 5g of orange leaves (*Citrus sinensis*), with 50 cc of each of the five concentrations of the biopreparation in three repetitions, for each concentration; at the same time, 5g of orange leaves (*Citrus sinensis*) were offered, in another cubicle, impregnated with only 50 cc of water. After measuring the foraging of the workers, with the difference of the initial weight and the final weight, in each repetition; the treatments with the biopreparation showed phagoinhibitory activity from the first concentration (10g / 200cc of water), but as the castor concentration increased, the effect became greater, resulting in a concentration of 70g / 200cc of water, a percentage of foraging or cutting less than 10%. While in the leaves with the water treatment,

there was 100% foraging and 0% phagoinhibitory activity. But these cutting results were given due to the time elapsed between each repetition (24 hours), and the total cut of the orange leaves without any treatment, since these were cut between 10 and 12 hours by 100%, reason why the workers had no other option than to cut or forage those that did have the biopreparation. Which concludes that according to foraging preferences and the results of this study, the biopreparation of castor leaves has a potential phagoinhibitory effect on workers of the genus *Atta*, even in low concentrations, worthy of being studied in other investigations, in the field that determine adequate concentrations and times between each application; which allows this type of control to be included in the integrated management plans for the leaf-cutting ant or arriera.

**Key words:** Ant arriera, phagoinhibitor, ethological control, secondary metabolites.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	23
4. OBJETIVOS.....	31
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	31
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	31
5. MARCO TEORICO.....	32
5.1 Biología y hábitos de la tribu Attini.....	32
5.1.1 Sistema de castas.....	32
5.1.2 Comunicación química.....	33
5.1.3 Vuelo nupcial.....	33
5.1.4 Fundación de la colonia.....	33
5.1.5 Calidad del alimento y formación del jardín fungoso.....	34
5.1.6 Preferencia en el forrajeo.....	35
5.2 Atta cephalotes.....	35
5.3 Tipos de control.....	35
5.4 Control biológico.....	37
5.5 Control etológico.....	37
5.6 Metabolitos secundarios.....	38
5.6.1 Terpenos.....	38
5.6.2 Compuestos fenológicos.....	39



5.6.3 Los glicósidos.....	40
5.6.4 Los alcaloides.....	40
5.7 Repelente.....	41
5.8 FagoINHIBIDORES.....	41
6. METODOLOGIA.....	42
6.1 Tipo de estudio.....	42
6.2 Método de investigación.....	43
6.2.1 Método científico.....	43
6.3 Diseño de investigación.....	43
6.3.1 Etapa 1 - Construcción de la colonia artificial.....	43
6.3.2 Etapa 2 – Preparación del biopreparado.....	48
6.3.3 Etapa 3 - Aplicación de tratamientos.....	49
6.4 Fuentes y técnicas para recolección de información.....	51
7. RESULTADOS.....	52
7.1 Etapa 1 - Construcción de la colonia artificial.....	52
7.2 Comportamiento de las hormigas en la colonia artificial.....	52
7.3 Etapa 2 – Preparación del biopreparado.....	53
7.4 Etapa 3 – Aplicación de tratamientos.....	54
8. DISCUSIÓN.....	58
9. CONCLUSIONES.....	62
10. RECOMENDACIONES.....	63
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64

## **LISTA DE TABLAS**

TABLA 1. Lista de materiales utilizados para la elaboración de la colonia artificial.....44

TABLA 2. Concentraciones de hoja de higuerilla molida para los 200 cc de agua y tratamiento  
con agua.....49

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación de la reina y su hongo simbionte.....	46
FIGURA 2. Extracción de la reina, el hongo y obreras.....	46
FIGURA 3. Elaboración de orificios de ventilación.....	47
FIGURA 4. Instalación de los círculos de anjeo.....	47
FIGURA 5. Elaboración de hoyos para las mangueras.....	47
FIGURA 6. Cubículos antes de la llegada de la reina.....	47
FIGURA 7. Colonia de Atta sp. Establecida.....	47
FIGURA 8. Construcción del hongo simbionte por las obreras.....	47
FIGURA 9. Pesaje de las hojas de higuierilla en la balanza.....	48
FIGURA 10. Molida de las hojas de higuierilla.....	48
FIGURA 11. Mezcla de las hojas de higuierilla molida con los 200 cc de agua.....	48
FIGURA 12. Impregnación de las hojas de naranjo con el biopreparado.....	48
FIGURA 13. Impregnación de las hojas de naranjo, con los 50 cc del biopreparado.....	51
FIGURA 14. Colocación de las hojas de naranjo en los cubículos correspondientes.....	51
FIGURA 15. Observación del porcentaje de forrajeo de las hojas de naranjo con el biopreparado de higuierilla.....	51

FIGURA 16. Observación del porcentaje de forrajeo de las hojas de naranjo sin el biopreparado de higuierilla (solo con 50 cc de agua).....51

FIGURA 17. Porcentaje de corte de las obreras, con y sin el biopreparado, en 24 horas.....56

## **Glosario**

**Cargadoras:** son las hormigas encargadas de transportar el material vegetal y extraer la tierra que sobra al formar los túneles.

**Cortadoras:** son las hormigas encargadas de cortar fragmentos de hojas y transportarlas hasta el hormiguero.

**Escoteras:** son hormigas pequeñas que se suben al material vegetal cuando son transportadas hacia el hormiguero y las van limpiando.

**Etología:** es el estudio del comportamiento de los animales en relación con el medio ambiente. (Desulovich, D. A. C., 2007, p. 18)

**Exploradoras:** son las hormigas encargadas de detectar el material vegetal y guiar a las operarias para el corte y transporte del material.

**Forrajeo:** es el hábito de cortar y transportar trozos de hojas, hasta el nido para la alimentación del hongo simbionte, esta labor es realizada por las cortadoras. (Rodríguez J.G., Calle Z.D. & Montoya-Lerma J., 2008, p. 156). Las técnicas de forrajeo pueden ser: (1) individual, donde las obreras salen del nido y regresan con alimento en forma solitaria, se presenta cuando el alimento se encuentra en baja densidad; y (2) en grupos, donde las obreras forrajea y regresan al nido formando hileras, utilizando este tipo de conducta cuando el alimento se encuentra en alta densidad. La estrategia de forrajeo empleada está relacionada con la variación en diferentes factores, como la densidad y disponibilidad de los recursos, temperatura superficial del suelo y dieta (Pérez Pacheco Y, 2017, p. 22).

**Hormiga arriera:** también se las conoce como cortadoras de hojas, son especies de hormigas que cultivan hongos de los cuales se alimentan, comprende unas 210 especies que se ubican en los bosques húmedos tropicales de Centro y Suramérica.

**Jardineras:** son hormigas muy pequeñas que mastican el material vegetal que llega al hormiguero, cultivan el hongo, cuidan la reina y trasladan los huevos y pupas dentro y fuera de la colonia.

**Obreras:** son hormigas estériles responsables de la alimentación y cuidados del hormiguero.

**Organización social:** Las hormigas viven en colonias en la que los individuos son morfológicamente diferentes y su tamaño está relacionado con la función que realizan.

**Reina:** es la hormiga de mayor tamaño y tiene como función de colocar los huevos que dan origen a individuos para realizar las diferentes actividades del hormiguero.

**Ricina:** Es una poderosa toxina proteica que se encuentra en la planta de ricino, *Ricinus communis*. La ricina está presente en todas las partes de la planta pero se concentra particularmente en las semillas. La toxina se podría utilizar como arma biológica. La toxina purificada se puede encontrar en forma cristalina, como polvo liofilizado seco, o disuelto en líquido. La ricina actúa al inhibir la síntesis de la proteína. El aceite de ricino, obtenido por prensado de las semillas y calentado para destruir la ricina, es uno de los purgantes más reputados, debiéndose su acción al ácido ricinoleico. También es comprobada su afectación a ciertos nematodos, patógenos en la agricultura. (Mackliff Jaramillo, C. G & Ayala Armijos, J. H, 2015, p.107). Mackliff C. et al., 2015, pudieron comprobar que la ricina contenida en las semillas de higuera y por ende en las demás partes de la planta, tienen propiedades insecticidas.

**Simbiosis:** Las hormigas arrieras cultivan un hongo basidiomiceto como fuente primaria de alimento, para tal fin cosechan material vegetal alrededor de la colonia y lo transportan en cámaras subterráneas donde el hongo mutualista es cultivado.

**Soldados:** Son hormigas de gran tamaño que defienden el hormiguero.

## Introducción

La tribu Attini es exclusiva de América y particularmente de la Región Neotropical; comprende 17 géneros (uno de ellos por describir) y aproximadamente 256 especies, distribuidas desde EE.UU. en Arizona hasta Argentina (Fernández F, Castro-Huertas V & Serna F, 2015, p. 21). En Colombia se encuentran dos géneros de esta tribu, los géneros *Atta* y *Acromyrmex*; de un total de 12 especies de hormigas cortadoras de hojas, cuatro corresponden al género *Atta*, i.e.: *A. cephalotes*, *A. colombica*, *A. laevigata* y *A. sexdens*. Dentro del género *Acromyrmex* se encuentran las especies y subespecies *A. aspersus* var. *fuhrmanni*, *A. coronatus*, *A. hystrix*, *A. landolti*, *A. balzani*, *A. octospinosus*, *A. octospinosus echinator*, *A. rugosus* var. *santschii* (Muñoz Gómez, N. A, 2017, p.19-20).

Este tipo de hormigas se han convertido en una plaga, para el sector agropecuario y hasta en una causa de daños estructurales en diques, carreteras y edificios; por lo cual se ha investigado mucho acerca de métodos de control eficientes, a parte de los métodos de control empíricos que han creado los productores en sus propias fincas. Existen métodos físicos, mecánicos, químicos, biológicos y últimamente se usan mucho los métodos etológicos (cebos biológicos, atrayentes, repelentes e inhibidores de alimentación), gracias a que no tienen efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud de las personas, pero a diferencia de los métodos químicos, no existe mucha variedad de métodos y además no son tan conocidos, a pesar de que tienen un inmenso potencial, pues como nos dice Acacio G. (2008) “este tipo de control aprovecha el comportamiento de los insectos, al responder a ciertos estímulos en su interacción con las plantas y su medio ambiente en general, para darles un manejo racional y ecológico”(p.37). De los diversos métodos etológicos existentes para el control de la hormiga arriera, los que son a base



de los metabolitos secundarios presentes en algunas plantas, muestran un mayor potencial para desarrollar productos eficientes en el control de plagas, pues son compuestos químicos naturales que protegen a las plantas de ser devoradas. Estos se han usado desde hace mucho tiempo por los seres humanos en todos los rincones del planeta, como lo demuestran Mkindi A, *et al.*, 2015, en su artículo o Muñoz Gómez, N. A., 2017. En tiempos más contemporáneos muchos autores nos han planteado la urgencia de investigar sobre estos productos naturales, para sintetizarlos y utilizarlos para el control de plagas, como es el caso de la monografía de Fernández F, *et al.*, 2015, quien nos dice que existen muchos metabolitos secundarios o productos naturales como también se llaman, en algunas plantas y que son disuasores de la alimentación (fagoinhibidores), o repelentes tóxicos a las arrieras o al hongo mutualista; además nos nombra un estudio que ha referenciado investigaciones antecesoras de varios disuasores en diferentes plantas tales como *Sesamun indicum*, *Avena sativa*, *Walburgia sp.*, *Canavalia ensiformis*, *Solanum lycopersicum* (*Lycopersicon esculentum*), y *Vicia faba*, entre otros (p.182); o como lo demuestran Castaño Quintana K, *et al.*, 2013, con *Tithonia diversifolia* (Botón de oro). Además de acuerdo a Pino O, Sánchez Y & Rojas M. M. (2013), en su artículo, Metabolitos secundarios de plantas, como alternativa en el manejo de plagas I, estas sustancias tienen el potencial de generar resistencia inducida a las plantas, para protegerse de plagas (p.81). Existe una planta, que se puede encontrar fácilmente en cualquier lugar y que tienen propiedades insecticidas, además que también pueden afectar el hongo simbionte, como lo dejan claro Caffarini P, *et al.*, 2008, con su estudio sobre los efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino) y otras plantas, sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*) y Mackliff Jaramillo, C G, *et al.*, 2015, con su estudio sobre el efecto insecticida del extracto acuoso de las semillas de *Ricinus communis*. Sabiendo que muchas especies vegetales son capaces de impedir el daño de las

arrieras, pues determinan la decisión de las obreras de cortar o no sus hojas, solo por los metabolitos secundarios que poseen, se puede evaluar el efecto fagoinhibidor sobre *Atta sp.* (Hymenoptera: Formicidae), de un biopreparado de hojas de higuerilla (*Ricinus communis*), en condiciones controladas e iniciar así con la invención de un producto de base biológica que sirva para el control del daño causado por la hormiga arriera. Esto se puede lograr construyendo una colonia artificial, como nos propone que se puede hacer, Valderrama E. I., *et al.*, 2006, lo que nos puede dar el control sobre las condiciones climáticas, biológicas y ecológicas de las hormigas.

## Planteamiento del problema

En áreas agrícolas, forestales y urbanas la hormiga cortadora de hojas o conocida en Colombia como hormiga arriera, influye en diferentes aspectos de la ecología de las plantas, pudiendo alterar desde la cantidad de luz disponible, hasta el reciclaje de nutrientes y eventualmente, alcanzar el nivel de plaga ocasionando pérdidas económicas no cuantificadas (Rodríguez J.G, *et al.*, 2.008, p.156). Por esto son consideradas una de las plagas más importantes en Centro y Suramérica; inclusive se sabe de ciertas partes de Colombia en donde no se pueden sembrar ciertos cultivos debido a la presencia de esta hormiga.

La hormiga arriera naturalmente es una habitante de los bosques y forrajea diversos tipos de plantas forestales; dado el alto grado de deforestación en Colombia y particularmente en el Valle del Cauca, estos insectos colonizan predios con cultivos de yuca, cítricos, café, frutales, hortalizas, cultivos forestales, forrajes entre otros; en el Valle del Cauca de acuerdo a Chaves M. C., (2006), las Unidades de Asistencia Técnica Agropecuarias (UMATAS), catalogan a la arriera como una plaga, registrando un daño en el 40% de los cultivos generando pérdidas anuales que sobrepasa los mil millones de pesos, esto con cifras del 2002.(Umatas y Secretaría departamental de Agricultura, Ambiente y Pesca del Valle del Cauca).

En Colombia la severidad de los daños de la hormiga arriera y sus consecuencias, se relacionan principalmente con la densidad, edad y tamaño de sus nidos. Las afectaciones más comunes en las zonas urbanas, son la desestabilización de los suelos debido a la excavación subterránea que las hormigas hacen para sus nidos los cuales pueden alcanzar grandes proporciones y afectar edificaciones o farillones artificiales a orillas de los ríos.

Por otra parte la mayor afectación tanto en la zona rural como urbana, se debe a su actividad defoliadora, ya que corta los tejidos de las hojas que posteriormente son llevadas a los hormigueros, con el propósito de descomponerlos para un hongo; esta relación simbiótica se da con un grupo de hongos basidiomicetos, de clasificación incierta, variablemente denominados *Attamyces bromatificus*, *Agaricus bisporus*, *Lepiota procera* o *Leucocoprinus gongilophora* (Agaricales: Lepiotaceae: Leucocoprini). Estos hongos producen polifenol oxidasas, enzimas que desdoblan la celulosa del material vegetal que las hormigas cortadoras le suministran, por lo que la herbivoría (plantas que son cortadas por las hormigas para llevar a su nido) de las hormigas se hace mucho más amplia. A su vez, las hormigas poseen en su saliva quitinasas que utilizan para degradar la pared celular de los gongilidios, unas estructuras especializadas que el hongo expone al consumo de las Attini y que consisten en células ensanchadas. (Serna F. J. C. & Correa J. A Q, 2003, p. 142). En esta simbiosis también participan varios organismos, entre los que se encuentran bacterias filamentosas de los géneros *Streptomyces*, *Pseudonocardia* y *Amycolatopsis*. Estas bacterias se alojan en la cutícula de las cultivadoras y producen potentes sustancias antibióticas inhibidoras del crecimiento de *Escovopsis sp.*, un hongo parásito que invade los jardines del hongo cultivado por Attini; por lo que también las colonias, están protegidas del ataque de hongos entomopatogenos. (Fernández F, *et al.*, 2015, p.28)

De acuerdo a Montoya Lerma, J, et al. (2006) el *Atta cephalotes*, es la especie de mayor distribución en el Neotrópico, fue registrada por Mackay y Mackay (1986) como la única especie en el Departamento del Valle del Cauca. Localmente, esta hormiga es conocida como "Arriera", debido a como se ven en los caminos que van dejando las cortadoras llevando su carga; es un insecto sociable que vive en grandes colonias formadas por una reina fértil la cual, con un

tamaño varias veces mayor al de sus obreras, es la encargada de la reproducción y puede vivir entre 14 o 15 años. La vida de un hormiguero está determinada por la longevidad de la reina.

Si tenemos en cuenta el aspecto de la edad de la reina, además lo rápido y con la voracidad con que cortan las hojas en las noches, la variedad de cultivos que les gusta atacar y las distancias que pueden recorrer, una colonia de esta hormiga puede causar graves daños no solo en una finca, sino a varias, e incluso a toda una región con el tiempo, pues se reproducen muy rápido. El alcance de esta problemática no se puede limitar a uno o dos cultivos, es mucho más amplio. Más aun cuando su control es muy difícil, principalmente por su comportamiento alimenticio nocturno, su adaptación a diferentes ecosistemas, su compleja composición social y la ineficiencia de los insecticidas químicos, los cuales se han limitado debido a su contaminación ambiental y a que no son específicos en las insectos que pueden eliminar. Por esto, es necesario el desarrollo de nuevos métodos y productos para el control de la hormiga. (Lemus Y, *et al.*, 2008, p. 92)

Para el control de esta plaga se utilizan diversos métodos tales como los culturales, mecánicos, biológicos y químicos, estos últimos son rápidos, pero su efectividad es temporal, también son costosos y causan deterioro al medio ambiente, a los agroecosistemas y a la salud del ser humano, las implicaciones a la salud del trabajador agrícola por el uso de plaguicidas se constituyen en una de las mayores preocupaciones actuales en materia sanitaria, debido al uso indiscriminado de los mismos y la posible no aplicación de controles que prevengan enfermedades, accidentes laborales y/o daños en el ambiente. (Gordon, C. & Marrugo, J. 2018). A partir de esto surge la necesidad de buscar metodologías efectivas, que resulten sostenibles en todos los aspectos involucrados, es decir, en el aspecto ambiental, económico y social, con el

objetivo de no alterar ningún aspecto y por el contrario controlar los efectos nocivos que tiene esta especie sobre los diferentes cultivos.

Hoy en día no se experimentan otros métodos de control, que no impliquen el uso de insecticidas sintéticos y que más bien usen los conocimientos ancestrales de los agricultores y los recursos con los que pueden contar en su finca o su región, tales como plantas que no están en la herbivoría de las arrieras y que etológicamente pueden inhibir el daño de las hormigas a los cultivos de importancia para el ser humano (Mkindi A, *et al.*, 2015, p. 3.165-3.166), de bajo costo, sin matar a las hormigas, sin afectar a los demás insectos, sin dañar los recursos naturales, de fácil uso para cualquier agricultor y que además no le implique daños en su salud física.

Nunca se ha evaluado el efecto inhibidor de corte o fagoínhibidor, de plantas o partes de plantas que no están en la herbivoría del género *Atta*, como lo es *Ricinus communis* o higuierilla; por lo que surge el interrogante de ¿cómo evaluar el efecto fagoínhibidor sobre *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae), de un biopreparado de hojas de higuierilla o *Ricinus communis*? pero en condiciones controladas, donde se pueda tener control de las condiciones climáticas, de la luz y el forrajeo.

## **Justificación**

El sector agrícola en el país es amplio y diverso, por lo que se puede identificar variedad de cultivos que en la actualidad están siendo atacados por múltiples plagas, afectando la productividad de los cultivos agrícolas en diferentes regiones. El enfoque de este proyecto se encuentra dirigido a aportar una solución a un problema cada vez mayor, como es el de la hormiga arriera que coloniza predios con cultivos de yuca, cítricos, café, frutales, hortalizas, forrajes entre otros, afectando fuertemente su desarrollo y por ende la economía en general del sector primario en esta región y el país entero.

El Municipio de Yotoco, el departamento del Valle del Cauca, el país y podíamos decir que el continente americano entero, está seriamente afectado por la propagación de la hormiga arriera o cortadora de hojas, por consiguiente, se ha estado en la constante búsqueda de métodos que permitan realizar ajustes al plan de manejo integrado de esta hormiga, con el objetivo de reducir significativamente el uso de productos químicos e insecticidas de alta toxicidad, evaluando alternativas y métodos biológicos y mecánicos de tal manera que no afecten el ambiente.

La hormiga arriera se ha constituido en una amenaza para las plantaciones o cultivos agrícolas, y se evidencia que es necesaria la búsqueda de soluciones alternativas que replacen las técnicas tradicionalmente conocidas por sus usos extensivos, que se han dado en la región, pero que sus efectos han sido poco efectivos en el control y manejo de estos insectos.

Los insecticidas químicos de origen sintético son el método empleado con mayor frecuencia, para mantener a las poblaciones de hormigas arrieras por debajo de umbrales de

riesgo económico, no obstante, la aplicación de estos productos tiene efectos adversos para el medio ambiente y la salud humana, no solo de los agricultores, sino también para la salud de los consumidores. Esta situación indeseable insta al desarrollo de métodos alternativos de control de bajo impacto ambiental que representen un riesgo mínimo para la persona que lo aplica y que la afectación no llegue tampoco a las personas que consuman el producto. (Aragón García A, *et al.*, 2017, p. 262).

Por otro lado, como nos dice Mkindi A, *et al.*, (2015)., los países en desarrollo son ricos en conocimientos botánicos empíricos, pues no se han aprendido en ninguna escuela, universidad o curso, estos conocimientos hacen parte de la cultura, especialmente en las zonas rurales, p. 3166; conocimientos de plantas que pueden ser utilizadas para el control de plagas, los cuales no se pueden dejar perder por ningún motivo, pues van a entrar a enriquecer los métodos de control de plagas tan complejas como la de la hormiga arriera y de seguro el control de muchas más.

Se estima que el consumo diario por hormiguero del género *Atta*, varía entre 50 y 150 kg, lo que conlleva a pérdidas económicas inmensas, para los cultivos en América, en especial cuando las plantas están en sus inicios. Según estimaciones en promedio son responsables del 30% de las pérdidas en cítricos, pueden forrajear entre el 10 y 30% del pasto para el ganado, además de que construyen nidos que pueden ocupar entre 30 y 100m<sup>2</sup> necesarios, para el pastoreo de ganado. (Cuervo Mulet R, *et al.*, 2018, p. 17).

Por lo tanto, se convierte en una necesidad la búsqueda de respuestas unidisciplinarias acerca de cómo los productores realizan los planes de manejo en torno de las plagas y enfermedades en sus plantas...; se pretende ampliar la argumentación con la fundamentación científica y técnica sobre qué implica la incidencia de las plagas y enfermedades y las



posibilidades de alcanzar manejos sustentables para afrontar dicha problemática (Lugo-Morin, D., Desiderio, E. & Fajardo, M. 2018).

Desde la parte agronómica, la preocupación más importante es el control de esta hormiga, pues como ya se sabe es una de las principales plagas en América latina y en Colombia, aporta muchas pérdidas económicas para productores forestales, agrícolas y de especies ornamentales, aparte de los daños estructurales en las ciudades. Los métodos químicos son los más utilizados; entre estos están productos con los ingredientes activos sulfluramida, fipronil, deltametrina y fenitrothion, como los más comunes, tanto líquidos como en polvo. Los cebos granulados, el polvo seco o la nebulización son las formulaciones principales, la última involucra el uso de una máquina de nebulización. (Lemes P, *et al.*, 2014, p. 442). Estos métodos son costosos y muy nocivos tanto para el ambiente como para la salud humana.

En los últimos años las empresas agropecuarias y dueños de viveros en el Valle del Cauca, han destinado millones de pesos en insecticidas...acarreado efectos negativos en los ecosistemas (contaminación de tierra y de aguas subterráneas). Existen diferentes alternativas de control, que se han usado en el suroccidente colombiano, como el uso mezclas de cal y clorpirifos (insecticida organofosforado cristalino-C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>PS), quema de gasolina y detergente, entre otros, pero de igual forma contaminan los suelos y pueden ser, además, peligrosos. Uno de los métodos usados por los campesinos, que no requiere uso de insumos químicos de ninguna naturaleza, es la remoción mecánica del material de los nidos con pala. En esta acción, por accidente, puede morir la reina, o quedar susceptible a depredadores o enfermedades y en nidos jóvenes se puede encontrar la reina a unos cuantos centímetros bajo la

superficie. (Armbrecht I, *et al.*, 2007, p. 2). Pero este método por sí solo no puede controlar toda la incidencia que pueden causar varias colonias y además de diversos tamaños.

Existen varios mecanismos de control biológico para la hormiga arriera, pero no con los resultados esperados desde el punto de vista económico, ambiental y rentabilidad para el agricultor; uno de los mecanismos de control biológico consiste en la implementación de cebos que atraen la hormiga, contaminados con hongos entomopatógenos y antagonistas que atacan el hongo que produce la arriera para su alimentación (Perkins Ltda.); estos hongos pueden ser entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* y micopatógenos como *Trichoderma lignorum* elaborados a base de avena en hojuelas o salvado de trigo con jugo de naranja.

Hoy en día se empieza a tener en cuenta otro tipo de control, este se venía asociando con el control biológico, pero que en realidad se denomina control etológico, el cual busca aprovechar ciertos estímulos que provocan cambios de comportamientos en los insectos, con potencial de plagas; dichos estímulos se han desarrollado producto de la coevolución de las plantas y los insectos, por lo cual es muy seguro que el resultado que se busca se dé, por ejemplo el de repeler, pues es algo muy natural dentro de la etología del insecto.

Así, han sido estudiadas diversas especies de plantas que presentan actividad repelente, disrupción comportamental o tóxicas para las hormigas y/o inhibitorias del hongo simbionte, debido a la presencia de metabolitos secundarios como alcaloides, terpenos, fenoles y aceites esenciales. (Caffarini P, Carrizo P, Pacheco J, Pelicano A & Roggero P, 2008, p. 60). Entonces de acuerdo al estudio de Caffarini P, *et al.*, (2008), el alcaloide ricina, extraído de la hoja de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), puede tener un efecto toxico sobre las obreras de miembros

del genero Atta, y para el caso de dicho estudio, para la hormiga negra común *Acromyrmex lundii* (p.59). También de acuerdo a la información recopilada en campo, con los campesinos y agricultores, los cuales manifiestan que esta planta tiene un efecto repelente muy notorio sobre las arrieras, por lo tanto se justifica el investigar si en efecto los extractos de la hoja de esta planta, pueden servir como un fagoinhibidor (Inhibidor alimenticio por contacto con los órganos gustativos del insecto) para el forrajeo de las hormigas cortadoras del genero Atta. Tal comportamiento, pasaría a ser un nuevo control etológico para el género Atta, dentro de unas condiciones sostenibles y apropiado para ser incluido en un plan de manejo integrado de esta plaga.

Es muy difícil el control de la hormiga arriera, por lo cual los productores, invierten muchísimo dinero en su control y si no lo hacen pueden ver disminuidas sus ganancias y su inversión en la producción. Ahora estas inversiones no solo las hacen los productores, también los gobiernos locales y regionales; Cuervo Mulet R, *et al.*, (2018) “en Colombia solo en el departamento del Valle del Cauca, se destinaron para el año 2.010, 320 millones de pesos, para llevar a cabo el control de este insecto, ya que en este departamento afectan más de 50.000 ha y son responsables del 40% de las perdidas en el campo agropecuario y forestal”. (p. 17)

Cada año en cada municipio o en la gran mayoría de los municipios de las regiones caribe, andina y pacifica presupuestan una parte de sus recursos económicos, para el control de la hormiga cortadora de hojas, con gran preocupación se observa que los resultados esperados no se ven y al contrario las colonias y las pérdidas económicas aumentan.

Por lo tanto se hace necesario implementar métodos de control más efectivos y que lleven a la reducción de los costos de producción y al gasto de recursos públicos que se podrían invertir

en otros aspectos. El control etológico que se propone en este proyecto busca aportar al manejo integrado de la hormiga arriera, utilizando los metabolitos secundarios de una planta muy común en cualquier sitio y cuyo costo de elaboración y uso es mínimo en comparación con otros métodos, cualquier productor, tenga los recursos que tenga, lo podrá utilizar, porque se deben incluir a todos los productores, si se quiere controlar de verdad y con resultados positivos los efectos negativos de este insecto plaga.

Como algunos sustratos de plantas no son adecuados para el hongo, las hormigas muestran preferencias de alimentación influenciadas por factores como el contenido de agua, la calidad nutricional, la dureza, la repelencia o los metabolitos secundarios tóxicos. Se han estudiado varias especies de plantas con metabolitos secundarios que repelen el forrajeo de las hormigas, alteran su comportamiento o tienen efectos tóxicos sobre las hormigas o su hongo simbiótico como alternativas al control químico. (Rodríguez J, Montoya Lerma J & Calle Z, 2015, p.1)

Por otra parte las hormigas cortadoras de hojas o arrieras, como todo ser vivo en la Tierra, cumple unas funciones ecológicas, como son contribuir notablemente a la dinámica de los ecosistemas, creando claros en los bosques modificando el ciclo de nutrientes, interviniendo en la composición de especies y la estructura de las comunidades, en pocas palabras pueden modificar, mantener y crear hábitats. En los suelos puede ayudar formar nuevos horizontes, con la gran cantidad de tierra que dejan en la superficie, mejoran la estructura, la porosidad del suelo y por ende su infiltración; las secreciones mucosas que las hormigas agregan a las partículas de suelo y que actúan como cementantes, aumentan la consistencia de los agregados del suelo, lo que influye en la disponibilidad del agua y los nutrientes, y en la actividad microbiana. (Muñoz

Gómez, N. A, 2017, p.29-30). Además los desechos de hormiga arriera son un recurso potencial para la fertilización orgánica en áreas hortícolas, como nos dice Fortanelli Martínez J & Servín Montoya M, 2002, p.153)

Por otra parte se espera contribuir al cumplimiento de la misión y la visión de la universidad, buscando en general el desarrollo económico, social y humano sostenible de las comunidades locales, regionales y globales con calidad, eficiencia y equidad social, como dice la misión de la UNAD. Además que dentro de los propósitos del programa de agronomía, el agrónomo deberá ser un agente de cambio, pensar en nuevas posibilidades de intervenir la problemática del sector, en la perspectiva de dinamizar, redimensionar romper esquemas tradicionales y tecnologías no apropiadas, sirviéndose de un diálogo de saberes que recupera y valoriza las experiencias, conocimientos y preocupaciones del agricultor. (ECAPMA, programa de agronomía-UNAD).

El cultivo y cría artificial de las hormigas de la tribu Attini, bajo condiciones controladas, ha resultado útil para monitorear permanentemente varios aspectos del desarrollo de la colonia y en alguna medida de su ecología, esto a su vez es necesario para el desarrollo de nuevas tecnologías de control de este insecto. (Valderrama E. I, *et al.*, 2006, p. 9). Este proyecto aporta en la estandarización de la metodología de cría de cortadoras de hojas del género Atta en condiciones controladas, pues para probar el efecto fagoinhibidor del biopreparado de hojas de higuierilla (*Ricinus communis*), es necesario construir una colonia artificial y lograr la crianza de todos los miembros de la colonia de hormigas.

Por lo cual en este proyecto se propone usar *Ricinus communis* y el efecto fagoinhibidor de sus metabolitos secundarios, para la hormiga y el posible efecto toxico para el hongo que cultivan, como un repelente natural, un camuflaje para los cultivos, pues contienen en sus hojas defensas químicas que repelen la actividad de forrajeo de las hormigas, sin tener que preparar cebos esperando a que las hormigas lo transporten a su nido. Con este nuevo método etológico, se podría combatir a las hormigas cortadoras, sin necesidad de matarlas, sin necesidad de usar químicos tóxicos, que además contaminan el suelo y que suelen ser costosos; lo que se haría es hacer que las hormigas busquen otros lugares y otras plantas de las cuales alimentar a su hongo simbiote, que no sean las que los agricultores cultivan, para obtener alimentos y su sustento económico.

Por ultimo este proyecto busca aportar al desarrollo rural, con una tecnología innovadora y de sencillo manejo, que no se quede solo en el cumplimiento de un requisito de grado, sino que pueda ser llevada a campo, en donde en realidad se necesita con urgencia, como es el deber de las universidades y de la academia.

## Objetivos

### General

- ❖ Evaluar el efecto fagoinhibidor sobre *Atta sp.* (Hymenoptera: Formicidae), de un biopreparado de hojas de higuerilla (*Ricinus communis*), en condiciones controladas, en Yotoco – Valle del Cauca.

### Específicos

- ❖ Estandarizar la metodología de cría de cortadoras de hojas del género *Atta* en condiciones controladas.
- ❖ Evaluar la fagoinhibición de *Ricinus communis* en diferentes concentraciones, sobre el género *Atta*.

## Marco teórico

### Biología y hábitos de la tribu attini

La tribu Attini o también conocidas como hormigas cortadoras de hojas, está compuesta por dos géneros, *Acromyrmex* y *Atta*. En su ecología se destacan las relaciones tróficas que se establecen entre plantas, hongo mutualista y enemigos naturales; la abundancia de sus poblaciones; su comportamiento social altamente evolucionado; la división de castas; la construcción y mantenimiento de los hormigueros y su comunicación bioquímica. Las cortadoras también se caracterizan por elaborar nidos subterráneos mediante la formación de complejas cámaras interconectadas. Contienen cámaras destinadas como basurero, cámaras para el desarrollo y cuidado de la cría (huevos, larvas, pupas) y cámaras para el cultivo del hongo (Fernández F, *et al.*, 2015, p.27).

**Sistema de castas.** Como se puede ver estas hormigas, conforman uno de los grupo de insectos sociales, más evolucionados y complejos; como todas las hormigas en general, las cortadoras presentan también una organización social caracterizada por: 1) División del trabajo dentro de la colonia, que es orientada femeninamente: reina, soldados, exploradoras, cortadoras, cargadoras y jardineras. Los zánganos únicos machos, se producen solo durante las épocas previas al vuelo nupcial (este fenómeno solo se da en nidos que han alcanzado su madurez, a los 3 años aproximadamente); 2) Superposición de varias generaciones de individuos, y 3) Colaboración en el cuidado de la descendencia. Cabe aclarar el género *Atta*, es el único que cuenta con las grandes obreras, conocidas como soldados u obreras mayores. (Fernández F, *et al.*, 2015, p.27).



**Comunicación química.** La ecología química en las cortadoras está gobernada por las feromonas y los aleloquímicos. Dentro de estos últimos se encuentran las alomonas, sustancias que tienen acción entre diferentes especies (interespecífica), en la relación cortadora-planta o con otras especies animales o vegetales, también llamados metabolitos secundarios, en el caso de las plantas. Las feromonas se encargan de comportamientos de alarma, marcaje y repelencia. Por lo cual actividades como el forrajeo, el cuidado de la colonia y la distribución de desechos están reguladas en buena medida por esta comunicación química. (Fernández F, et al., 2015, p.29).

**Vuelo nupcial.** Se da cuando la colonia ha alcanzado su madurez, a los 3 años aproximadamente, es ahí cuando la reina empieza a poner huevos haploides y diploides, los primeros corresponden a machos alados y los segundos a hembras aladas o futuras reinas; después el apareamiento, coincide con las épocas de lluvia, lo que facilita la apertura de la primera cámara real, por parte de la reina fecundada, en el suelo. Cuando es el momento, hembras y machos salen a volar en enjambres de diferentes hormigueros. En cierto espacio del aire, llamado “zona de apareamiento”, se produce la cópula de la reina con varios zánganos que se presume proceden de hormigueros distintos, posibilitándose así la recombinación genética. (Fernández F, et al., 2015, p.30).

**Fundación de la colonia.** Lo primero que hace la reina después de la cópula, es arrancarse las alas y empezar a construir la primera cámara, tapa el orificio y expele un trocito del hongo simbionte, que trae en su cavidad infrabucal y lo abona con excremento y saliva, solo el género *Atta* pone este primer trozo directamente en el suelo. Después de esto, la reina deposita en el hongo dos tipos de huevos: los primeros son grandes, conformados por la fusión de varios

huevos pequeños, los cuales se llaman alimentarios; la reina los consume para obtener sus requerimientos alimenticios. Más tarde, la reina coloca huevos de cría pequeños, de donde a los 10 días eclosionan larvas que son alimentadas exclusivamente con el hongo durante 19 días, tiempo que toman antes de transformarse en una pupa inicialmente blanca, que luego se torna rojiza, a los 40 días de la postura. En promedio, la pre-pupa tiene una duración de 5 días y la pupa de 14. La reina puede vivir 15 o más años y el macho dura un corto tiempo, ya que muere después del “vuelo nupcial”. Inicialmente, emergen pequeñas obreras que ayudan en el cuidado del hongo y la cría, luego surgen las exploradoras y cortadoras, que cosechan el material vegetal como sustrato para el hongo. A partir del momento en que las obreras asumen estas labores, la reina se dedica a la postura de huevos durante el resto de su vida, tiempo en el cual el crecimiento de la colonia no se detiene y el crecimiento de la población tampoco, alcanzando poblaciones en *Atta*, hasta de 6 millones de individuos. (Fernández F, et al., 2015, p.30-31).

**Calidad del alimento y formación del jardín fungoso.** El jardín fungoso lo empieza a formar las obreras de tamaño medio, al forrajear hojas; cuando estas cortan las hojas producen un ruido estridulante, que sirve para comunicar a las demás la calidad del sustrato. La hormiga adulta demanda una nutrición diferente a la larva; aquella requiere básicamente carbohidratos ricos en energía, mientras que las larvas requieren dietas con alto contenido proteico. La alimentación de larvas es en un 100%, y en menor proporción de la reina, está basada en el hongo que ellas cultivan. La casta obrera se alimenta en un 90 -95% de la savia que fluye al cortar, triturar y lamer los fragmentos vegetales y solo en un 5% directamente del hongo. La formación del jardín fungoso comienza con limpiar el piso de la cámara donde se va a establecer y la ejecución sistemática de una serie de acciones de comportamiento relacionadas con el

mantenimiento del jardín; tales son: 1. Llevar el pedazo de hoja al nido, 2. Examinar, lamer y limpiar los fragmentos de hoja al agregar sustancias antibióticas, 3. Cortar la hoja en pedazos pequeños, 4. Preparar la pulpa o papilla con la hoja, 5. Colocar la pulpa o papilla sobre el jardín fungoso, 6. Podar el jardín, 7. Cortar el hongo del jardín, 8. Sembrar el hongo en la pulpa de la hoja. (Fernández F, et al., 2015, p.32).

**Preferencia en el forrajeo.** La preferencia por algunos forrajes no depende de la abundancia, ni de la cercanía al nido, va a depender del estado fisiológico de la planta, de la dureza del forraje y de las sustancias químicas que posea, ya sea nutritivas o nocivas. (Rodríguez J.G, Calle Z.D. & Montoya-Lerma J, 2.008, p. 159). Por eso las cortadoras prefieren ciertas plantas sobre otras, se podría decir que con cierto orden de preferencia.

### **Atta cephalotes**

(zampopo, zompopo o zompopa) es una de las 41 especies de hormigas cortadoras de hojas. Esta especie pertenece a la tribu Attini (hormigas que cultivan hongos). Una colonia de hormigas puede estar compuesta por hasta 5 millones de individuos, y cada colonia tiene una reina que puede vivir por más de 15 años. La colonia está organizada en varias castas, cada una de las cuales se especializa en una tarea específica. Teniendo en cuenta lo anterior, el género es considerado una de las mayores plagas en los cultivos en áreas donde la actividad de sus nidos coincide con plantaciones agrícolas o de jardines. Pueden causar mucho daño en poco tiempo, consumiendo todas las plántulas de un semillero. Cuando prefieren una planta, arbusto o árbol, pueden dejarla sin hojas en una noche. (Mackay, W., & Mackay, E. 1986)

### **Tipos de control**

Existen diversos métodos para su control, como el mecánico, este manejo se realiza principalmente con una pala o elaborando compostaje encima de la colonia de hormigas, destruyendo sus nidos y matando la reina o tapando las entradas a los nidos, el control químico, es el más utilizado, pero es un control temporal y muy perjudicial para el medio ambiente y la salud de las personas, para este método se usan varios productos a base especialmente de fipronil y sulfuramida, estos pueden ser en polvo, cebos tóxicos o líquido. En cuanto a preparados biológicos y su acción repelente, está el estudiado y propuesto por Chaves M. C. (2.006) con la evaluación preliminar del compostaje “Arrieron” que controla la hormiga arriera *Atta cephalotes* (L.) en Jamundí Valle Colombia, el cual consistió en probar el efecto de elaborar y utilizar compostaje orgánico sobre los nidos de las hormigas. Por otra parte los estudios realizados por Lemus Y, *et al.*, (2.008), el cual detalla la elaboración de un insecticida biológico a partir del hongo *Metarhizium anisopliae*, el cual demostró ser capaz de infectar a la hormiga arriera en un periodo de 4 días, donde se ocasiona su muerte, lo cual permite la continuación de la investigación para el desarrollo de una formulación que pueda ser aplicada en campo (Lemus Y, *et al.*, 2.008, p.97). Según una investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira y el Programa de Manejo Fitosanitario en Cítricos en el departamento del Valle del Cauca (2.014), se encontraron algunas plantas que son tóxicas para las hormigas o para el hongo que cultivan, como es el caso de la Higuierilla (*Ricinus communis*), el ajonjolí (*Sesamum indicum*), el frijol Canavalia (*Canavalia ensiformis*) y la batata (*Ipomoea batata*); en este documento se propone utilizar algunas de estas plantas como cebo para que sea llevado por las hormigas hasta el nido y envenene el hongo que les sirve de alimento. En cuanto al control biológico, está el uso de entomopatógenos en el que se emplearon hongos como *Beauveria*

*bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y micoparásitos como el *Trichoderma lignorum*, estos se utilizan para hormigueros de difícil intervención con pala o compostaje. Cualquiera de estos tratamientos ha resultado más efectivo y beneficioso en el control de la hormiga arriera, que los controles químicos y no traen consecuencias colaterales negativas, como estos si las traen. (Fernández F, *et al.*, 2015).

### **El control biológico**

Se define como un método de control de plagas, enfermedades y arvenses, consiste en utilizar organismos vivos con el objeto de controlar las poblaciones de otro organismo que está afectando el desarrollo y crecimiento de un cultivo. Es un método agrícola de control de plagas (insectos, ácaros, malezas, enfermedades de las plantas, etc.) que usa depredadores, parásitos, herbívoros u otros medios naturales. Puede ser un componente importante del control integrado de plagas y es de gran importancia económica para la agricultura. (Van Driesche, *et al.*, 2007)

### **El control etológico**

Se define como la utilización de métodos que permiten reprimir las poblaciones de insectos plaga, aprovechando sus cambios de comportamiento, debido a ciertos estímulos ambientales. Estos cambios en el comportamiento están determinados por la presencia u ocurrencia de estímulos, que regularmente son de origen químico, aunque también pueden ser de origen físico o mecánico; en este orden de ideas una sustancia química presente en una planta (metabolito secundario), puede provocar que el insecto se sienta obligado a acercarse a ella, este sería un atrayente, mientras que si el insecto siente que debido a este estímulo, debe alejarse de ella, sería un repelente; además este comportamiento puede ser comunicado de un individuo a otro por diversos métodos. (Desulovich, D. A. C., 2007, p. 18).

Las aplicaciones del control etológico incluyen la utilización de atrayentes en trampas y cebos, repelentes, inhibidores de alimentación y sustancias diversas que tienen efectos similares.

(Acacio Simón G, 2009, p. 37)

### **Metabolitos secundarios**

Como lo afirma Castaño Quintana K, *et al.*, (2013) se han estudiado varias especies de plantas que causan repelencia o alteración del comportamiento, o que tienen un efecto tóxico sobre las hormigas y / o un efecto inhibidor sobre el hongo simbiótico debido a la presencia de metabolitos secundarios, los cuales son producidos por el metabolismo secundario de las plantas, las plantas son de los pocos seres vivos capaces de destinar una cantidad de carbono y energía para sintetizar moléculas que no usan para las funciones básicas de sus células, sino más bien para atraer o repeler otros seres vivos; tal es el caso del color de las flores de algunas plantas o el olor o el color de los frutos, que atraen a los animales que se alimentan de ellos y así les puedan colaborar con la dispersión de sus semillas; otros los repelen haciendo a las plantas amargas o tóxicas o protegiéndolas contra patógenos, tomando el rol de insecticida natural. Los productos secundarios o naturales como tan bien se conocen, no se encuentran en todos sus grupos en todas las plantas, se sintetizan en pequeñas cantidades y no se encuentran en todas las familias, incluso se pueden limitar a unas cuantas especies en una misma familia. Los metabolitos secundarios se pueden agrupar en cuatro grupos que son:

**Los terpenos.** Constituyen el grupo más numeroso de metabolitos secundarios (más de 40.000 moléculas diferentes). La ruta biosintética de estos compuestos da lugar tanto a metabolitos primarios como secundarios de gran importancia para el crecimiento y supervivencia de las plantas. Suelen ser insolubles en agua y derivan todos ellos de la unión de unidades de

isopreno (5 átomos de C), Suelen ser insolubles en agua y derivan todos ellos de la unión de unidades de isopreno (5 átomos de C). De esta forma, los terpenos se clasifican por el número de unidades de isopreno (C5) que contienen en monoterpenos (2 C5), sesquiterpenos (3 C5), diterpenos (4 C5), triterpenos, tetraterpenos y los politerpenos (>8 C5). (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.122-123). El grupo de los terpenos, como antes se menciona, incluye hormonas (giberelinas y ácido abscísico), pigmentos carotenoides (carotenos y xantofilas), esteroides (ergosterol, sitosterol, colesterol), derivados de los esteroides (glicósidos cardiacos), látex y aceites esenciales (proporcionan el olor y el sabor característico de las plantas). El limón, la menta, el eucalipto o el tomillo, son ejemplos de aceites esenciales, que se producen por mezclas de alcoholes, aldehídos, cetonas y terpenoides, son los responsables de los olores y sabores característicos de estas plantas, algunos de los cuales actúan como repelentes de insectos o insecticidas. Por otra parte, la resina de ciertas coníferas contiene monoterpenos que actúan como insecticidas; es el caso de los metabolitos pineno y piretrina. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.125-126).

**Los compuestos fenológicos.** Las plantas sintetizan una gran variedad de productos secundarios que contienen un grupo fenol. Estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o fenilpropanoides y derivan todas ellas del fenol, un anillo aromático con un grupo hidroxilo. Desde el punto de vista de la estructura química, son un grupo muy diverso que comprende desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros complejos como los taninos y la lignina. En el grupo también se encuentran pigmentos flavonoides Muchos de estos productos están implicados en las interacciones planta herbívoro. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.129-130). Los taninos por ejemplo, actúan como repelentes

alimenticios de muchos animales, que evitan, en el caso de los mamíferos, plantas o partes de plantas que contienen altas concentraciones de estos fenoles. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.136).

**Los glicósidos.** Los glicósidos son metabolitos vegetales de gran importancia. Su nombre hace referencia al enlace glicosídico que se forma cuando una molécula de azúcar se condensa con otra que contiene un grupo hidroxilo. Existen tres grupos de glicósidos de particular interés: saponinas, glicósidos cardiacos y glicósidos cianogénicos. Una cuarta familia, los glucosinolatos, se incluyen en este grupo debido a su estructura similar a los glicósidos. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.137). Los glicósidos cianogénicos son compuestos nitrogenados, que no son tóxicos por sí mismos pero se degradan cuando la planta es aplastada liberando sustancias volátiles tóxicas como cianuro de hidrógeno (HCN)... Los glicósidos tienen un papel protector en algunas especies frente a herbívoros. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.138-139). Los glucosinolatos al igual que los glicósidos cianogénicos, están separados espacialmente de las enzimas hidrolíticas que los degradan y actúan también como repelentes de herbívoros. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.139)

**Los alcaloides.** Los alcaloides son una gran familia de más de 15.000 metabolitos secundarios que tienen en común tres características: son solubles en agua, contienen al menos un átomo de nitrógeno en la molécula, y exhiben actividad biológica. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.139). En humanos, los alcaloides generan respuestas fisiológicas y psicológicas la mayoría de ellas consecuencia de su interacción con neurotransmisores. A dosis altas, casi todos los alcaloides son muy tóxicos. Sin embargo, a dosis bajas tienen un alto valor



terapéutico como relajante muscular, tranquilizante, antitusivos o analgésicos. (Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E., 2009, p.139). Pero muchos de ellos tienen cualidades insecticidas, como es el caso de la nicotina, presente en las plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*).

### **Repelente**

Son aquellas sustancias que provocan una respuesta motriz orientada en sentido opuesto al origen del estímulo. Los repelentes generalmente son volátiles. (Serna F. J. C. y Correa J. A Q. 2003, p. 143).

### **FagoINHIBIDORES**

O disuasor de alimentación, son sustancias químicas que metabolizan las plantas, que al contacto con los órganos táctiles de la mandíbula de los insectos, producen un rechazo al consumo. No tienen una presión de vapor apreciable y sólo son detectados después de iniciado el proceso de alimentación (Serna F. J. C. y Correa J. A Q. 2003, p. 143).

## **Metodología**

La ejecución del proyecto se llevó a cabo, en condiciones controladas, a través de una colonia artificial; la cual está ubicada en el municipio de Yotoco, departamento del Valle del Cauca, en las coordenadas 3°51'53.6" latitud N y 76°22'56.3" longitud Oeste, el cual cuenta con una temperatura media de 24 °C, una precipitación promedio anual de 1.038 mm, una humedad promedio de 75% a una altura de 958 m.s.n.m (Climate-Data.org). Cabe decir que el proyecto se ha dividido en tres etapas, que se irán desarrollando en la medida que se vayan cumpliendo cada una de estas.

### **Tipo de estudio**

El análisis que se realizó en este estudio es de tipo descriptivo y evaluativo, porque lleva a realizar una investigación más precisa sobre el estudio planteado y a familiarizar más con el tema; se debe tener en cuenta que no existe un conocimiento exhaustivo de la problemática planteada por lo cual es necesario acudir a investigaciones ya realizadas y a la información no escrita que poseen las personas que laboran a diario en el campo y que ayuda a sintetizar experiencias. (Montañez Carrillo L, p. 11)

Por otra parte, se identificaron las características, elementos y componentes que se encuentran en el ambiente ayudando a delimitar los hechos que conforman el problema de investigación, por lo que se evidenciaron variables con un enfoque de tipo cualitativo y cuantitativo, con el propósito de obtener resultados mucho más completos. (Montañez Carrillo L, p. 9-10)

## **Método de investigación**

En el desarrollo del presente análisis se llevaron a cabo los siguientes métodos de investigación:

**Método científico.** Entendido como aquel que complementa las ventajas del método deductivo y el inductivo. Es posible llegar a conocer la naturaleza de los fenómenos a través de la experiencia, el razonamiento y la investigación, estas vías son complementarias, la experiencia opera en el campo de los acontecimientos que se producen por azar y supone una aproximación de la realidad. El razonamiento puede ser deductivo, inductivo o hipotético-deductivo. La investigación es un proceso que combina la experiencia y el razonamiento, la misma debe ser sistemática, empírica y crítica, de proposiciones hipotéticas sobre supuestas relaciones que existen entre los fenómenos naturales. (Dávila Newman, G, 2.006, p. 188)

En este documento se describirse un proceso que se investiga a partir de observaciones, se hacen las inducciones y formulan hipótesis, y a partir de éstas se hacen deducciones y extraen las consecuencias lógicas; esto se hizo de una manera sistemática siguiendo las etapas de las que consta el método científico, desde la definición del problema hasta los resultados y conclusiones. (Dávila Newman, G, 2.006, p. 189)

## **Diseño de investigación**

**Etapas 1 - Construcción de la colonia artificial.** Para la construcción de la colonia artificial, con base en Valderrama E, *et al.*, (2006) se utilizaron los siguientes elementos, con las cantidades registradas en la tabla (1):

Tabla 1. Lista de materiales utilizados para la elaboración de la colonia artificial. (Valderrama E, *et al.*, 2006)

LISTA DE MATERIALES		
Material	Cantidad	Dimensión
Tabla de madera	1	3m
Listón de madera	2	2,8m
Puntillas	25	2,5"
Tarros plásticos circulares	3	1150 ml
Tarro plástico	1	3550 ml
Manguera transparente de nivel	3m	1"
Uniones de PVC	10	½"
Anjeo	1m <sup>2</sup>	3 cm de diámetro (círculos)
Tubo de hierro de pulgada	1	1"
Tubo de hierro de 2 pulgadas	1	2"
Alfileres	50	2 cm
Cinta de enmascarar	Rollo	Ancha (2cm)
Silicona	3	Barra delgada

De acuerdo al artículo de Valderrama E, *et al.*, (2006), Primero se colectó una reina, en una colonia que ya tenía tres montículos, aproximadamente 3 meses después de que la reina empezó a construir su colonia, posterior a la época nupcial, esto garantizó una población suficiente de obreras, para la consolidación de una colonia fuerte, que fue establecida en la habitación de una vivienda, en la ubicación ya mencionada. Se buscó la reina en la finca la Praderita de la vereda Bajo San Juan, zona rural del municipio de Yotoco, ubicada en las coordenadas 3°57'34.3" de latitud N y 76°24'58.7" de longitud Oeste, a una altura aproximada de 1.400-1.500 m.s.n.m, dentro de la cámara de alimentación del nido o colonia natural (Figuras 1 y 2), llevándola a un recipiente plástico, con la mayor cantidad posible del hongo y de obreras, este

recipiente se cubrió con una tapa plástica; además para garantizar la entrada de aire, cada recipiente contaba con un orificio, con triple cubierta de anejo (Figura 4), en el caso del cubículo real, llevaba dos orificios o ventanas de ventilación; elaboradas cada una con un tubo caliente de hierro de 2 pulgadas de diámetro (Figura 3), con el que se calentó el plástico del recipiente, para perforarlo.

Luego de esto se trasladaron a su sitio definitivo, en donde se conectó por mangueras transparentes de 0,5 pulgada, a otras cámaras; esto se logró perforando el plástico de los recipientes con un tubo caliente de hierro de una pulgada (figura 5), en donde se conectaron las mangueras trasparentes, con uniones machos de  $\frac{1}{2}$ ". Cámaras como la de los desechos, la cual se limpiaba por lo menos cada 3 días y las de forrajeo, en estas últimas fue donde se realizaron los tratamientos y se tuvo el testigo (Figura 7), éstas se limpiaron de residuos rápidamente, para evitar el surgimiento de hongos patógenos. Se decidió proporcionar a las hormigas hojas de naranjo (*Citrus sinensis*), después de ofrecerles al mismo tiempo y en igual cantidad 0,5g de hojas de mango y de naranjo, éstas eran hojas de edad media, sanas de buen tamaño y verdor. La colonia tuvo una humedad promedio entre el 60 y 70%, temperatura promedio de 28-30°C y una luminosidad de 12 horas al día, teniendo en cuenta los 958 m.s.n.m y las condiciones climáticas actuales de la zona urbana del municipio de Yotoco. La conexión entre cámaras fue bien sellada con silicona y cinta de enmascarar y se conectaron con mangueras a las cámaras con uniones hembras y machos de PVC de 0.5 pulgadas (Figuras 6 y 8). Las tapas de las cámaras eran plásticas, con pequeños orificios y se podían retirar para permitir la entrada de aire y facilitar la entrada de alimento y el retiro de desechos.

Una vez se tuvo la reina, el hongo y sus obreras, en el sitio de establecimiento definitivo, se procedió con la conexión de la manguera plástica, que conecta las obreras al cubículo de los desechos, pero sin la conexión con los demás cubículos, con el fin de evitar confusión y movimiento de desechos en cualquiera de los cubículos o en todos; después de que las obreras establecieron este primer cubículo, como el de los desechos (proceso que tardo 2 días), se conectaron los demás, teniendo cuidado de no quitar la tapa del cubículo real; así pues se pudieron ofrecer las hojas que forrajearon o cortarán las obreras para llevarle a su hongo simbiote. También se garantizó la aireación y la frescura del cubículo real con un poco de tierra del nido madre, que se colocó alrededor del hongo. La colonia se ubicó en una de las habitaciones de una vivienda, ubicada en la zona urbana del municipio de Yotoco, la cual contaba con ventilación y la luz suficiente, 12 horas al día, teniendo cuidado de que dicha luz no penetrará directamente al cubículo del hongo, esto para no afectarlo y no afectar la tranquilidad de la reina, aunque ella se mantuvo oculta al interior del hongo. También es importante agregar que se debió manejar cierto grado de asepsia y bioseguridad con la colonia artificial, pues se podían transmitir microorganismos patógenos que las hormigas no hubiesen podido controlar y así causar la muerte del hongo simbiote, por lo cual se debió utilizar guantes de plástico o de látex.



Figura 1. Ubicación de la reina y su hongo simbiote. Figura 2. Extracción de la reina, el hongo y obreras.



Figura 3. Elaboración de orificios de ventilación.



Figura 4. Instalación de los círculos de anejo.



Figura 5. Elaboración de hoyos para las mangueras.



Figura 6. Cubículos antes de la llegada de la reina.



Figura 7. Colonia de *Atta sp.* Establecida.



Figura 8. Construcción del hongo simbiote por las obreras.

**Etapla 2 – Preparación del biopreparado.** El biopreparado de *Ricinus communis*, fue elaborado con hojas frescas y de una edad adulta, de aproximadamente un mes y medio o dos meses, de buen tamaño y verdor, estas se limpiaban, se pesaban (Figura 9) y luego se molían en una máquina de moler sencilla (Figura 10); la cantidad de hojas que se molían dependía del peso requerido para cada tratamiento. Con las hojas molidas se procedía a mezclar con los 200 cc de agua, en un recipiente con mezclador (Figura 11); después de mezclarse bien con el agua, se tamizaba varias veces con un colador, para quitar los residuos sólidos de las hojas; para terminar se vertió el biopreparado en un recipiente plástico (Figura 12), para luego ser aplicado a las hojas de naranjo, con que se hacía cada una de las repeticiones de los tratamientos del biopreparado de higuierilla.

ELABORACIÓN DEL BIOPREPARADO			
	<p>Figura 9. Pesaje de las hojas de higuierilla en la balanza.</p>		<p>Figura 10. Molida de las hojas de higuierilla.</p>
	<p>Figura 11. Mezcla de las hojas de higuierilla molida con los 200 cc de agua.</p>		<p>Figura 12. Impregnación de las hojas de naranjo con 50 cc del biopreparado.</p>



**Etapla 3 - Aplicación de tratamientos.** Después de lograr establecer la colonia artificial, con la reina, sus obreras y el hongo simbionte con éxito; se procedió a la aplicación de los tratamientos; esto se llevó a cabo por 15 días, desde el 11 marzo hasta el 25 de marzo de 2020, aunque la colonia se pudo establecer con éxito desde el 08 de marzo; desde el 09 de marzo se empezó a medir la temperatura y la humedad, con la ayuda de un termohigrómetro. Los tratamientos fueron seis (6), con las concentraciones establecidas en la tabla 2, diluidas en agua (del T1 al T5 con 200 cc de agua) y el último (T6) como testigo, para todas las repeticiones del biopreparado de hojas de higuierilla, solo con una aplicación de 50 cc de agua:

Tabla 2. Concentraciones de hoja de higuierilla molida para los 200 cc de agua y tratamiento con agua.

PESO DE LA HOJA MOLIDA	CANTIDAD DE AGUA	NUMERO DE REPETICIONES
10 gramos (T1)	200 cc	3
20 gramos (T2)	200 cc	3
30 gramos (T3)	200 cc	3
50 gramos (T4)	200 cc	3
70 gramos (T5)	200 cc	3
0 gramos (T6)	50 cc	15

Con la dilución hecha se procedía a aplicarla a 5g de hojas de naranjo, frescas, limpias y de edad adulta (un mes o mes y medio aproximadamente), de acuerdo al estudio del comportamiento fenológico de la naranja valencia, en Colombia. (Ordúz Rodríguez J & Garzón D, 2012, p.140). De tal manera que cada hoja se impregnara, tanto por el haz como por el envés

(Figura 13); estas hojas se manipularon con guantes plásticos desechables, tanto las que llevaban el biopreparado como las que solo se les aplicaba agua.

Los 5g de hojas de naranjo, se colocaban en el cubículo del biopreparado de higerilla impregnados con 50 cc de cada tratamiento y en el otro cubículo de forrajeo, se colocaban otros 5g de hojas de naranjo, esta vez sin el biopreparado solo con 50 cc de agua (Figura 14); esto se llevaba a cabo en horas de la noche, entre las 8 y las 9 pm, cuando las obreras tienen mayor actividad. A las 24 horas se revisaba el porcentaje de forrajeo (labor que realizan las cortadoras y que consiste en cortar y transportar hojas hasta el nido, en este caso el cubículo real) determinado por la diferencia entre el peso inicial (5g) y el peso final de las hojas ofrecidas en cada cubículo, con este resultado se hallaba el porcentaje de forrajeo, a través de una regla de tres simple; esto se llevó a cabo de la misma manera, para cada uno de los seis tratamientos (Figuras 15 y 16).

Luego se aplicaba de nuevo el biopreparado hasta completar la tercera repetición, siempre para las mismos 5 g de hoja de naranjo en cada cubículo; al terminar la tercera repetición, se empezaba con las repeticiones de las demás concentraciones, iniciando con 50 cc de la de 10 g de higerilla molida por 200 cc de agua (T1), hasta terminar con la de 70 g de higerilla molida por 200 cc de agua (T5) y se aplicaba igualmente los 50cc de agua (T6) a los otros 5g de hoja de naranjo. Al mismo tiempo todos los días se registraba la temperatura y la humedad medida por el termohigrometro.

APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS CON EL BIOPREPARADO	
	<p>Figura 13. Impregnación de las hojas de naranjo, con los 50 cc del biopreparado.</p>
	<p>Figura 14. Colocación de las hojas de naranjo en los cubículos correspondientes.</p>
	
<p>Figura 15. Observación del porcentaje de forrajeo de las hojas de naranjo con el biopreparado de higuierilla.</p>	<p>Figura 16. Observación del porcentaje de forrajeo de las hojas de naranjo sin el biopreparado de higuierilla (solo con 50 cc de agua).</p>

### Fuentes y técnicas para recolección de información

Las técnicas que se emplearon para la recolección de la información, al igual que las fuentes que se emplearon serán secundarias y primarias; las primeras porque suministran una información básica y es de fácil acceso y las segundas porque se recogieron datos de manera directa utilizando las visitas de asistencia técnica que se les realizaron a algunos agricultores del municipio de Yotoco – Valle del Cauca.

## Resultados

### **Etapas 1 - Construcción de la colonia artificial**

La colonia se pudo establecer con éxito, después de que la temperatura se mantuvo por debajo de los 30 o 31 °C y la humedad se mantuvo por encima del 62%, además de una aireación constante de los recipientes, debido a los hoyos con anejo que estos tenían. Lo primero que las hormigas hicieron fue reconocer y limpiar el sitio donde estaban y establecieron un área para los desechos, lo cual se logró, cerrando el acceso a los recipientes de forrajeo; en cuestión de minutos empezaron a sacar desechos de la colonia artificial, como su primera prioridad. Se les dio a escoger, para el corte de hojas, entre hojas de mango (*Manguijera indica*) y de naranjo (*Citrus sinensis*) y eligieron las últimas, mostrando mayor preferencia por el naranjo, aunque también forrajearon las de mango. También se les proporcionó agua, no se observó ningún consumo, más bien se ahogaron bastantes obreras, por lo que no se volvió a proporcionar agua y no se observó ninguna necesidad de esta.

### **Comportamiento de las hormigas en la colonia artificial**

Lo primero que hicieron las hormigas en la colonia artificial fue limpiar el recipiente donde estaba la reina y su hongo simbiote y establecer el recipiente de los desechos. Cuando se les dio paso a los recipientes de forrajeo, de inmediato investigaron y recorrieron todo el espacio que se había construido para ellas. Se debieron realizar tres intentos para lograr que la colonia se estableciera con éxito, en el primer intento se mezclaron tres reinas y sus obreras, lo que tuvo muy malos resultados pues ellas reconocen a los miembros de su colonia y terminaron muriendo todas. En el segundo intento, se recolectó una colonia con un hongo muy sano y una buena cantidad de obreras, pero por la temperatura tan alta (33 °C), que se dio en el sitio donde se

encontraba la colonia artificial, la colonia empezó a tener problemas, primero se observó que las obreras dejaron de cortar las hojas que se les estaba proporcionando, luego el hongo empezó a cambiar de color, de un gris se tornó en un pardo o rojizo, las hormigas se quedaron estáticas, luego el hongo empezó a desaparecer y la reina salió de él y empezó a recorrer la colonia artificial, las demás hormigas empezaron a morir y solo quedo la reina, que murió tres días después de que las demás habían muerto. Para el tercer intento, se construyeron los orificios de ventilación, se cambió el sitio donde estaba la colonia, además el clima cambio, la temperatura bajo de 33°C a 28°C y la humedad aumento de 60% a 70%; lo que dio paso a que las hormigas se adaptaran y empezaran a comportarse como lo harían en su hábitat natural.

Las obreras muestran una mayor actividad en la noche y en el día se encargan algunas de la limpieza y de retirar desechos; las obreras en el recipiente de la reina, trabajan las 24 horas, preparando el forraje para nutrir el hongo simbiote y cuidando los huevos y los nuevos miembros de la colonia.

## **Etapas 2 – Preparación del biopreparado**

En la preparación del biopreparado, fue claro que se debía aplicar agua, a la hora de moler las hojas de higuerilla en la máquina de moler, para evitar el atascamiento de las hojas en la máquina. Otro detalle a destacar es que las hojas perdieron rápidamente su frescura, en tres días como máximo ya debían haberse utilizado. Para las concentraciones de 50 y 70 g de hoja de higuerilla molida por 200 cc de agua, se debió tamizar muy bien pues los residuos de follaje fueron muy abundantes y causaron problemas a la hora de aplicar el biopreparado.

### **Etapas 3 – Aplicación de tratamientos**

En los tratamientos aplicados de higuerrilla se observó la actividad fagoinhibidora hacia el forrajeo de la hormiga. A continuación se explica la actividad fagoinhibidora, para los seis tratamientos.

Estos datos muestran como resultados generales, que desde la menor concentración hasta la más alta existió fagoinhibición, pero a mayor concentración del extracto menor fue el porcentaje de forrajeo.

En la primera concentración del biopreparado de 10g/200cc (T1), se pudo observar actividad fagoinhibidora en las primeras 8 o 10 horas, pasado este tiempo ya las obreras habían forrajeado las hojas sin el biopreparado, por ende siguieron con las hojas con el biopreparado, en promedio la actividad fagoinhibidora fue del 13,3%. Además se observó algún crecimiento del hongo simbiote, en unos cuantos milímetros.

Para la segunda concentración del biopreparado de 20g/200cc (T2), se notó una mayor actividad fagoinhibidora a pesar del paso de las 24 horas, en promedio la actividad fagoinhibidora fue del 20%; aunque se observó un mayor crecimiento del hongo simbiote; en comparación con el primer tratamiento aplicado, se observó un crecimiento vertical de por lo menos 1 cm.

En la tercera concentración del biopreparado de 30g/200cc (T3), se observó una mayor actividad fagoinhibidora, aunque también se pudo notar que el instinto de las obreras puede ser muy activo al necesitar alimento para su hongo y al final cortaron todas las hojas; en promedio la actividad fagoinhibidora fue del 46,7%.

Al analizar la cuarta concentración del biopreparado de 50g/200cc (T4), se pudo ver que hubo una mayor actividad fagoinhibidora, aunque el instinto siguió impulsando a las hormigas a conseguir forraje, en promedio la actividad fagoinhibidora fue del 64,3%; además se empezó a notar que se detuvo el crecimiento del hongo simbiote.

Para el análisis de la quinta y última concentración del biopreparado de 70g/200cc (T5), fue muy claro que se presentó la mayor actividad fagoinhibidora, aunque pasaron las 24 horas, en promedio la actividad fagoinhibidora fue del 91,7%, aunque las obreras terminaron con las hojas que no tenían el biopreparado, se vieron obligadas a no cortar las hojas con el biopreparado y prefirieron romper el anejo de los orificios de ventilación y salir a buscar comida para su hongo, por el resto de la casa, donde se ubicaba la colonia artificial. Otro detalle que se pudo detectar es que si una hoja no está fresca o en buenas condiciones, las obreras no la cortan.

En comparación el tratamiento con agua (T6), obtuvo como resultado un forrajeo casi del 100% en todas sus repeticiones, solo disminuyó en las ultimas repeticiones, cuando la actividad de las obreras empezó a disminuir repentinamente.

En la gráfica 1, se observan los resultados del porcentaje de corte o forrajeo, de las hojas con el biopreparado (T1-T5) y las hojas sin el biopreparado (T6), cada valor corresponde al promedio de tres repeticiones, para cada una de las cinco concentraciones.

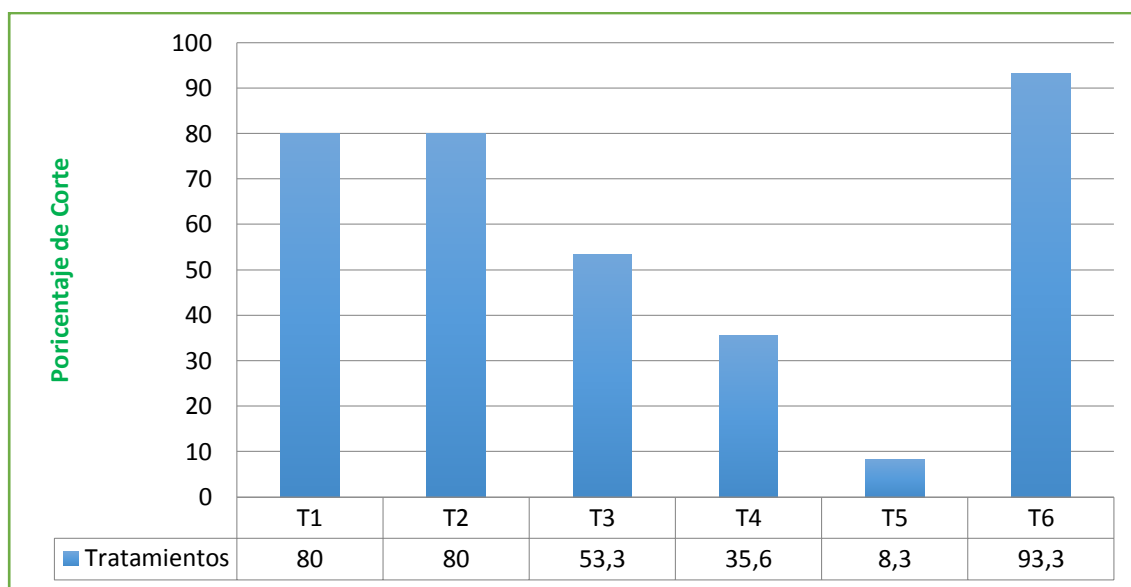


Figura 17. Porcentaje de corte de las obreras, con y sin el biopreparado, en 24 horas (T1-T6).

De acuerdo a la figura 17, en las dos primeras concentraciones, el porcentaje de corte de las obreras no disminuyó mucho, pero teniendo en cuenta que son 24 horas y que ya no tenían nada más que forrajear, es un resultado muy posible. Con 30g de hoja de higuierilla molida en 200 cc de agua, se observó una disminución del forrajeo notable, casi del 50%; para la cuarta concentración de 50g de hoja de higuierilla molida en 200 cc de agua, la disminución del corte fue muy buena. Así mismo en la quinta concentración cuyo forrajeo no alcanzó ni siquiera 10%.

Es de resaltar que en las repeticiones del cuarto tratamiento, se obtuvo disminución del corte por parte de las obreras, también para las hojas sin el biopreparado, esto en coincidencia con la disminución de la actividad de las hormigas y con el hecho de que el hongo simbiote dejó de crecer.

Después de terminar con la aplicación de los tratamientos, este fenómeno de inactividad, de disminución del forrajeo y de decrecimiento del hongo simbiote, prosiguió una semana más,



hasta que se empezó a proporcionar a las obreras, hojas sin ningún tratamiento, frescas y más a menudo, entonces el hongo empezó a crecer nuevamente y la actividad de las hormigas también se hizo más vivaz.

## Discusión

Dentro de la investigación realizada es concluyente, que se puede establecer una colonia artificial de hormigas cortadoras de hojas del género *Atta*, con materiales básicos y de fácil acceso, como recipientes plásticos y manguera transparente, pero se debe obtener una reina, sus obreras y su hongo simbionte, de un nido joven de no más de 3 o 4 meses preferiblemente; además de garantizar el forraje constante, es muy importante la temperatura y la humedad relativa del aire, la primera no debe superar los 31 °C y la humedad mínima debe estar por el 62% en promedio; es muy importante que pueda entrar suficiente aire a la colonia, por orificios de ventilación. La luz también es un factor importante no debe ser abundante, es mejor la sombra, más no es necesario la oscuridad total. No se debe manipular el hongo o el recinto de la reina a menudo y se sugiere el uso de guantes, para evitar la contaminación con patógenos microbianos. En cuanto a los cubículos, que la colonia necesita, es básico el de los desechos y el del forrajeo, como dice Valderrama E, *et al.*, (2006), pero no es necesario un recipiente con agua dentro de la colonia, después de garantizar el forraje, la temperatura y la humedad adecuadas. También se puede concluir que una colonia artificial como la utilizada en este estudio, se puede usar sin inconvenientes, para el estudio de las arrieras, su biología, ecología y métodos de manejo integrado.

En cuanto a la fagoinhibición de las hojas de *Ricinus communis*, se pudo comprobar que hay actividad fagoinhibidora desde la primera concentración (10g de hoja/200cc de agua), además al paso que se aumenta la concentración se hace más evidente, pero se podría hacer más notorio si se disminuyera el tiempo de aplicación o si se aplicará en campo, para hacer que las obreras cortadoras y las exploradoras optaran por otras plantas que están dentro de sus

preferencias. Las obreras cortaron hojas con el biopreparado de higuera, pues se habían terminado las hojas sin el biopreparado y por lo tanto decidieron seguir con las hojas con el biopreparado, aunque fue notorio que al aumentar la concentración del biopreparado (con 50 y 70g de hoja/200cc de agua), el forrajeo disminuyó demasiado y preferían no cortar las hojas con el tratamiento.

Este efecto fagoinhibidor, se logró gracias a los metabolitos secundarios presentes en las hojas de *Ricinus communis*. Es así, que lo que nos dice Pino O, *et al.*, (2013) (I), tiene sentido; esta investigación nos recuerda que un rasgo característico de las plantas es que no pueden escapar en caso de peligro y no tienen un sistema inmune para combatir los patógenos, entonces su única defensa es su capacidad para sintetizar una enorme variedad de compuestos de bajo peso molecular, los llamados metabolitos secundarios. Hasta la fecha, el número de estructuras descritas excede 100,000. Esta rica diversidad resulta en parte de un proceso evolutivo impulsado por la selección para la adquisición de una defensa mejorada contra el ataque microbiano o la depredación de insectos y/o animales. Estos compuestos no son esenciales para el crecimiento y desarrollo de una planta, pero sí son necesarios para la interacción de las plantas con su entorno, es decir, para su ecología o para su etología. Esta misma investigación y la realizada con este proyecto aplicado, nos llevan a una reflexión muy visionaria, pues ponen a pensar en la gran cantidad de plantas que pueden ser usadas para el mediador entre el conflicto planta, insecto - plaga y ser humano, son muy pocos los metabolitos secundarios o aleloquímicos, que se han estudiado de manera profunda, por lo que el reservorio de compuestos para investigar y usar es inmenso; este estudio es un ejemplo y cuyos resultados muestran el

potencial de la planta de higuerilla y en específico sus hojas, para el manejo sostenible de la hormiga cortadora de hojas o arriera.

A pesar de que en el estudio se pudieron alcanzar los objetivos buscados, hubo un resultado inesperado, después de los dos últimos tratamientos se empezó a notar la disminución en el crecimiento del hongo simbionte y de la actividad de las obreras en la colonia; esto se puede notar, en la figura 17, donde se puede ver una disminución del porcentaje de corte o forrajeo, a partir de los tratamientos 4 y 5, en los dos grupos de hojas, no solo en las que tenían el tratamiento; este hecho se siguió notando varios días después de haber terminado de aplicar los tratamientos sobre las hojas de naranjo ofrecidas a las obreras. Solo después de una semana de ofrecerles a las obreras, hojas sin ningún tratamiento y más a menudo, el hongo simbionte y la actividad forrajera de las hormigas se recuperaron.

Varias referencias nos dan pistas para encontrar una explicación a esta situación; si tomamos en cuenta la investigación de Pino O, *et al.*, (2013) (II). La cual se trata de una investigación conjunta en Cuba, sobre metabolitos secundarios, con potencial de aplicación en la agricultura, en esta nos informa en una tabla sobre el potencial insecticida de la planta *Ricinus communis*, sobre la plaga de *Hypothenemus hampei* Ferr o broca del café, producto que es utilizado por los caficultores en Cuba, como un extracto acuoso. También Caffarini P, *et al.*, (2008), afirma que el alcaloide ricina, presente en las hojas de *Ricinus communis*, tienen efectos insecticidas por ingestión, en las hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). Otro estudio que nos da pruebas del poder insecticida de la planta de higuerilla, es Mackliff C. G & Ayala J. H. (2015), quienes investigaron sobre el efecto insecticida del extracto acuoso de la semilla de la higuerilla, sobre cucarachas, moscas y mosquitos, con resultados positivos y características de un

potencial producto bioinsecticida. Otro excelente antecedente, es el estudio de Cuervo R, *et al.*, (2018). El cual nos enseña cómo utilizar el extracto de hojas o semillas de diversas plantas, entre estas *Ricinus communis*, para inhibir el crecimiento del hongo simbionte, a través de la cocción de estas partes de la planta, para obtener una solución que tiene un efecto antimicótico, acabando con el tiempo con el hongo simbionte y por ende con la colonia de hormigas.

Lo que nos lleva a la respuesta del porque disminuyo la actividad de las obreras y empezó a decrecer el hongo simbionte en la colonia artificial utilizada para este estudio, los metabolitos de las hojas de *Ricinus communis*, son tanto insecticidas para las hormigas del género *Atta*, como antimicóticos para su hongo simbionte.

Dentro de las limitaciones en la investigación, es preciso mencionar por ejemplo las condiciones climáticas del sitio donde estaba ubicada la colonia artificial, por lo cual después de dos intentos se debió que hacer mejoras para garantizar la disminución de la temperatura dentro de los recipientes plásticos. Otro aspecto limitante fue el tiempo de 24 horas que transcurría entre cada aplicación del biopreparado de las hojas de higuera, se hubiese podido disminuir el tiempo de aplicación o haber aplicado el tratamiento un día y al otro no, es decir, solo ofrecer a las obreras hojas con el tratamiento un día y solo con agua al otro. Se observa que el uso de material orgánico, en este caso hojas frescas, requiere de la recolección constante de material pues las hojas se descomponen rápidamente, igual que el biopreparado, también tiende a descomponerse rápido. Para llevar a campo este biopreparado como un método de control etológico efectivo, se deberá encontrar una concentración adecuada, teniendo en cuenta las preferencias de forrajeo de las hormigas; también deberá establecerse el tiempo de la actividad fagoinhibidora provocada por el biopreparado de las hojas de *Ricinus communis*.

## Conclusiones

Este estudio demuestra que este tipo de estructura artificial es eficiente para el estudio de la ecología y métodos de control de la hormiga cortadora de hojas del género *Atta*. Es evidente que con una estructura sencilla como la utilizada en este estudio, se puede establecer una colonia artificial de hormigas del género *Atta*, en la cual puedan sobrevivir con el mínimo de condiciones necesarias y que permitan realizar pruebas, para estudiar la biología, la ecología y en este caso la etología de estas hormigas, que se han convertido en un problema para algunas actividades del ser humano.

Al cortar las hojas, las obreras muestran preferencias, esto se demostró al inicio de la colonia artificial, cuando se les proporciono hojas de mango y de naranjo, de las cuales las obreras mostraron preferencia por las hojas de naranjo.

Desde la menor concentración hasta la más alta existe fagoinhibición, pero a mayor concentración del extracto, menor es el porcentaje de forrajeo; con este resultado se da por contestada la pregunta de investigación, en conclusión el biopreparado de hojas de *Ricinus communis* si tiene efecto fagoinhibidor sobre *Atta* sp. (Hymenoptera: Formicidae), en condiciones controladas.

Este estudio, es otra prueba de que los metabolitos de *Ricinus communis*, son insecticidas y fungicidas, como lo afirman otros autores, en investigaciones que antecedieron a este estudio.

### Recomendaciones

Para establecer una colonia artificial del género *Atta*, siempre se deberá empezar con el recipiente de los desechos, pues es la actividad primordial de las hormigas al inicio de su adaptación en la colonia artificial.

Usar guantes de látex para la manipulación de la colonia artificial, se vuelve una medida de bioseguridad muy importante, para prevenir que el hongo simbionte sea infectado por microorganismos que causen su muerte.

Disminuir el tiempo de aplicación del biopreparado y experimentar en campo, son el paso a seguir en el desarrollo de un nuevo método de control, que pueda ser incluido en los planes de manejo integrado de este insecto.

Experimentar con otras plantas como la canavalia (*Canavalia ensiformis*) y el botón de oro (*Tithonia diversifolia*), según otras investigaciones, estas plantas muestran efectos similares a la higuera (*Ricinus communis*) sobre el género *Atta*, por lo que podrían tener también efectos fagoinhibidores sobre estos insectos; además que tienen características que les dan valor agregado a los productores, por ejemplo son fáciles de conseguir y cultivar, baratos y con potencial para generar ingresos o reducir costos en otros procesos productivos.

Deberá establecerse el tiempo de la actividad fagoinhibidora provocada por el biopreparado de las hojas de *Ricinus communis*, en futuros estudios.

### Referencias bibliográficas

- Acacio Simón G (Perú-2008). Control etológico de la Broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en café "catimor " instalado en tres localidades en Tingo María. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional agraria de la Selva, p.37  
<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/87/AGR-530.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aragón García A, Pérez Torres B, López Olguín J & Serratos Tejeda C (2017). Alternativa Agroecológica para el Manejo de *Atta mexicana* en Puebla, México. *Southwestern entomologist*, Vol. 42, No. 1 261-273. Recuperado de  
<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=ccf1e58e-af2b-41be-ad9b-38b68ad18e62%40pdv-v-sessmgr01>
- Armbrecht I, Gallego M, Montoya Lerma J & Montoya Correa M (2007). ¿Cómo responde la hormiga cortadora de hojas *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) a la remoción mecánica de sus nidos? *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 8(2): 1-8. Recuperado de  
<https://pdfs.semanticscholar.org/dbc7/24d6a1ecb6cb979cfc619fdf53be91ba7496.pdf>
- Ávalos García A. & Pérez-Urria Carril E. (Madrid-2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Departamento de Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal). Facultad de Biología. Universidad Complutense. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3), páginas 119-122. Recuperado de [https://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo\\_secundario\\_de\\_plantas.pdf](https://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf)



Caffarini P, Carrizo P, Pacheco J, Pelicano A & Roggero P (Chile-2008). Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino), *Melia azedarach* (paraíso) y *Trichillia glauca* (trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). IDESIA (Chile) Volumen 26, N° 1, 59-64. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292008000100008b](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292008000100008b)

Castañó Quintana K., Montoya Lerma J. & Giraldo Echeverri C. (2013). Toxicidad de extractos de follaje de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) en trabajadores de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae). Cultivos Industriales y Productos. Volumen 44, páginas 391-395. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.039>

Climate-Data.org. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/valle-del-cauca/yotoco-49744/>

Cuervo Mulet R, Fernández Daza F, Varón Morales L & Rodríguez de la Pava G (Cali, Colombia 2018). La hormiga arriera (*Atta cephalotes*). Manejo y control, guía práctica de consulta para agricultores. Universidad de San Buenaventura Cali; editorial Bonaventuriana, paginas 11-48. Recuperado de <http://www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co/libros/2018/hormiga-arriera/html5/index.html?page=1>

Chaves M. C. (2006). Evaluación preliminar del compostaje “Arrieron” para el control de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (L.) en Jamundí Valle Colombia; Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 7 (1) p. 10-21. Recuperado de: <http://hormigas.univalle.edu.co/pdf/Atta%20Chaves.pdf>

Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela. Revista de educación Laurus, vol.12, núm. Ext, 2006, p. 188-189. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76109911>

Desulovich, D. A. C. (2007). CONTROL ETOLÓGICO en el cultivo de ají pprika. (cover story). Agro Enfoque, 22(157), 18–21. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=31317733&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

ECAPMA, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente de la UNAD. Programa de agronomía. Recuperado de <https://estudios.unad.edu.co/agronomia>

Fernandez F, Castro-Huertas V & Serna F. (Bogotá 2015). Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: *Acromyrmex* & *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, 352 páginas (Fauna de Colombia; Monografía no. 5). Recuperada de: [https://www.antwiki.org/wiki/images/0/06/Fernandez\\_et\\_al\\_2015\\_atta\\_and\\_acromyrmex\\_of\\_colombia.pdf](https://www.antwiki.org/wiki/images/0/06/Fernandez_et_al_2015_atta_and_acromyrmex_of_colombia.pdf)

Fernandez, F., Mera, D. F., Lenis, L. F., Delgado, J., & Cuervo, R. A. (2015). Elaboración de bioinsecticida a partir de los hongos *Beauveria bassiana* y *Trichoderma lignorum* para el control de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). Revista de Protección Vegetal, 30, 79-79.

Fortanelli Martínez J & Servn Montoya M (México - 2002). Desechos de hormiga arriera (*Atta mexicana smith*), un abono orgánico para la producción hortícola. Terra

- Latinoamericana, volumen 20, número 2, pp. 153-160 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320208>
- Gordon, C. & Marrugo, J. (2018) Prácticas agrícolas y riesgos a la salud por el uso de plaguicidas en agricultores subregión mojana – Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA. Volumen 9. Número 1. ISSN 2145-6453.
- Lemes P, Paiva da Silva W, Tamara Ribeiro G, Santos J, Zanetti R & Zanuncio J (Brasil-2014). An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian Forest Plantations. Forests 2014, 5, 439-454. Recuperado de <https://plu.mx/a/?ebSCO-client=ns145102&doi=10.3390/f5030439>
- Lemus Y, Rodríguez G M, Cuervo R A, Durán Vanegas J A, Zuluaga C L, Rodríguez G (2008). Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). Revista Científica Guillermo de Ockham. Vol. 6, No. 1. Enero-Junio de 2008, p. 91-98. Recuperado de: <http://www.revistas.usb.edu.co/index.php/GuillermoOckham/article/view/517/324>
- Lugo-Morin, D., Desiderio, E. & Fajardo, M. (2018) Prácticas y saberes comunitarios en la Sierra Norte de Puebla: el caso del café, sus plagas y enfermedades. Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA. Volumen 9. Número 2. ISSN 2145-6453.
- Mackay, W., & Mackay, E. (1986). Las hormigas de Colombia: arrieras del género *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Colombiana de Entomología, 12(1), 23-30.

Mackliff Jaramillo, C. G & Ayala Armijos, J. H. (Ecuador-2015). Efecto insecticida del extracto acuoso de la semilla de la higuerilla (*ricinus communis*) en tres tipos de insectos (cucarachas, moscas y mosquitos). Revista Silogismo, 1(15), 106-110. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=112747119&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

Mkindi A, Mtei K, Ndakidemi P & Njau K (2015). The Potential of Using Indigenous Pesticidal Plants for Insect Pest Control to Small Scale Farmers in Africa. American Journal of Plant Sciences, 6, 3164-3174. Recuperado de <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=61876>

Montañez Carrillo L. Guía para la construcción del documento de trabajo de grado (proyecto aplicado, proyecto de investigación y monografía). P. 9-11. Recuperado de: Curso Proyecto de Grado – Programa Tecnología en Producción de Audio, ECBTI. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Montoya Lerma, James, et al. (2006) "Caracterización de nidos de la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia)." Revista Colombiana de Entomología, vol. 32, no. 2, 2006, p. 151. Recuperado de: <https://go.galegroup.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&u=googlescholar&v=2.1&it=r&id=G ALE%7CA159179259&sid=googleScholar&asid=3e1a7917>

Muñoz Gómez, N. A. (2017). Hormigas cortadoras de hojas en el departamento del Vaupés, Colombia: Una propuesta de manejo integrado. Revista Vaupés Innova, 1, 18-41. <https://doi.org/10.23850/VaupésInnova.680>

Orduz Rodríguez J & Garzón D (2012). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja ‘Valencia’ (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2), 136-144. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a03.pdf>

Pérez Pacheco Y. (2017). Comportamiento y selección de sitios de forrajeo de *Atta cephalotes* en la estación Primates- municipio de Colosó – Sucre (Colombia). Modalidad trabajo investigativo para obtener título de Bióloga. Universidad de Sucre facultad de educación y ciencias, páginas 1-59. Recuperado de <https://repositorio.unisucra.edu.co/bitstream/001/608/1/T595.796%20P%20438.pdf>

Perkins Ltda. Manejo Integrado De Hormiga Arriera. Recuperado de: <http://perkinsltda.com.co/articulos/04.pdf>

Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. I: Background, research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 81–94. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=91710211&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as alternatives in pest management. II: An overview of their potential in Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 95–108. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=91710212&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

Rodríguez J.G., Calle Z.D. & Montoya-Lerma J. (2008). Herbívora de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) sobre tres sustratos vegetales. Revista Colombiana de Entomología 34 (2): 156-162. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v34n2/v34n2a04.pdf>

Rodríguez J, Montoya Lerma J & Calle Z, (2015). Effect of *Tithonia diversifolia* Mulch on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) Nests. Revista Journal of Insect Science. Pag. 1-7. Recuperado de: <https://plu.mx/a/?ebsco-client=ns145102&doi=10.1093/jisesa/iev015>

Serna F. J. C. & Correa J. A Q. (2003). Extractos de hojas de tomate *Lycopersicon esculentum* como fagoinhibidores de *Atta cephalotes*. Agronomía Colombiana, vol. 21, núm. 3, 2003, pp. 142-153. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317974004>

Universidad Nacional de Colombia (Palmira-2014). Programa de Manejo Fitosanitario en Cítricos en el departamento del Valle del Cauca, Primera edición, p. 42-43.

Van Driesche, R., Hoddle, M., Center, T. D., Ruíz, C. E., Coronada, B. J., & Manuel, A. J. (2007). Control de plagas y malezas por enemigas naturales (No. 632.96 V33). US Department of Agriculture, US Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.

Valderrama, E. I., Giraldo, C., Montoya Lerma, J., Armbrrecht, I., & Calle, Z. (2006). Guía para el establecimiento y manejo de colonias artificiales de hormiga arriera *Atta cephalotes* (hymenoptera: myrmicinae). Recuperado de <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.FA246FA&lang=es&site=eds-live&scope=site>